

Method for operating an internal combustion engine

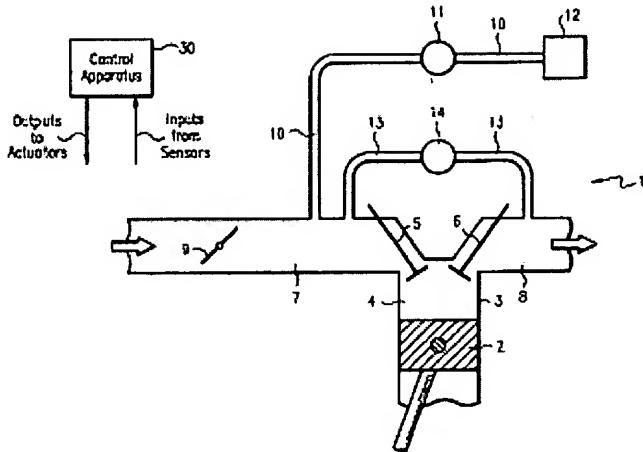
Patent number: DE19830300
Publication date: 2000-01-13
Inventor: MALLEBREIN GEORG (DE)
Applicant: BOSCH GMBH ROBERT (DE)
Classification:
- **International:** F02D21/08; F02B47/08; F02M25/07; F02M25/08
- **European:** F02B47/08; F02D21/08B; F02D35/00D6; F02D41/14B; F02D41/18
Application number: DE19981030300 19980707
Priority number(s): DE19981030300 19980707

Also published as:

US6247457 (B1)
 JP2000038960 (A)
 GB2339307 (A)

Abstract not available for DE19830300
Abstract of corresponding document: **US6247457**

An internal combustion engine (1) has a throttle flap (9) via which the air is supplied to an intake manifold (7). An exhaust-gas recirculation (13, 14) is provided via which the exhaust gas is recirculated from an exhaust-gas pipe (8) to the intake manifold (7). A control apparatus is provided for open-loop and/or closed-loop controlling the engine. With the control apparatus, the gas mixture in the intake manifold (7) can be subdivided into a fresh gas component (rffgabg), an inert gas component (rffigabg) and a fuel gas component (rfhcabg)



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑯ **Patentschrift**
⑯ **DE 198 30 300 C 2**

⑯ Int. Cl. 7:
F 02 D 21/08
F 02 B 47/08
F 02 M 25/07
F 02 M 25/08

⑯ Aktenzeichen: 198 30 300.9-13
⑯ Anmeldetag: 7. 7. 1998
⑯ Offenlegungstag: 13. 1. 2000
⑯ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 18. 5. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑯ Vertreter:

Dreiss, Fuhlendorf, Steinle & Becker, 70188
Stuttgart

⑯ Erfinder:

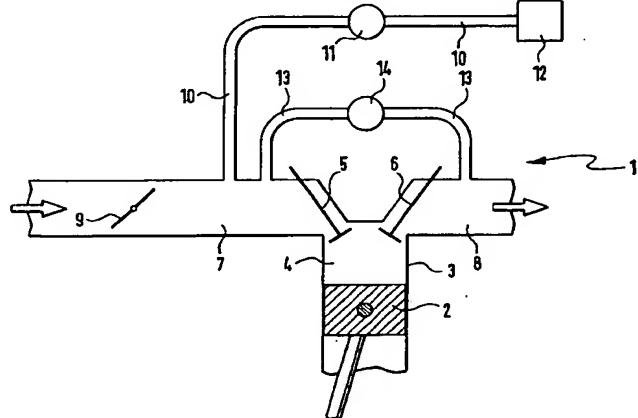
Mallebrein, Georg, 70825 Korntal-Münchingen, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 196 12 739 A1
DE 195 41 176 A1
DE 43 33 424 A1
DE 42 32 044 A1
DE 42 22 414 A1
DE 40 17 547 A1
DE 39 03 474 A1

⑯ Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine insbesondere eines Kraftfahrzeugs

⑯ Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1), insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei Luft über eine Drosselklappe (9) einem Ansaugrohr (7) zugeführt und Abgas von einem Abgasrohr (8) über eine Abgasrückführung dem Ansaugrohr (7) rückgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Gasgemisch in dem Ansaugrohr (7) zur Bildung eines Modells der Brennkraftmaschine (1) in einen Frischgasanteil (rffgabg), einen Inertgasanteil (rifgabg) und einen Brenngasanteil (rfhcabg) aufgeteilt wird.



DE 198 30 300 C 2

DE 198 30 300 C 2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei bei der Brennkraftmaschine Luft über eine Drosselklappe einem Ansaugrohr zugeführt und Abgas von einem Abgasrohr über eine Abgasrückführung dem Ansaugrohr rückgeführt wird. Die Erfindung betrifft ebenfalls eine Brennkraftmaschine, insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einer Drosselklappe, über die Luft einem Ansaugrohr zuführbar ist, mit einer Abgasrückführung, über die Abgas von einem Abgasrohr dem Ansaugrohr rückführbar ist, und mit einem Steuergerät zur Steuerung und/oder Regelung der Brennkraftmaschine. Eine Diesel-Brennkraftmaschine dieser Art ist aus der DE 43 33 424 A1 bekannt.

Die Anforderungen an eine moderne Brennkraftmaschine im Hinblick auf eine Reduktion des verbrauchten Kraftstoffs und der ausgestoßenen Abgase bzw. der darin enthaltenen Schadstoffe werden immer höher. Dies ist gleichbedeutend mit dem Ziel, die Verbrennung in dem Brennraum der Brennkraftmaschine zu verbessern, insbesondere eine möglichst vollständige Verbrennung zu erreichen. Zum Zwecke der Stickoxidreduzierung wird das aus dem Brennraum ausgestoßene Abgas zur weiteren bzw. erneuten Verbrennung in das Ansaugrohr und damit in den Brennraum zurückgeführt.

Dies kann mittels einer externen Abgasrückführung durchgeführt werden, bei der ein steuerbares Abgasrückführventil in einer Abgasrückführleitung eingebracht ist, mit dem die Menge des rückzuführenden Abgases eingestellt werden kann. Beispielhaft wird hierzu auf die DE 40 17 547 A1 verwiesen.

Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, eine interne Abgasrückführung vorzusehen, bei der ein Einlaßventil der Brennkraftmaschine derart gesteuert wird, daß es zumindest für eine kurze Zeitspanne während der Ausstoßphase der Brennkraftmaschine geöffnet ist. Während dieser Zeitspanne kann Abgas aus dem Brennraum in das Ansaugrohr gelangen, was letztlich eine Abgasrückführung darstellt.

Eine weitere Maßnahme zur Verbesserung des Betriebs der Brennkraftmaschine besteht darin, den Ablauf der in dem Brennraum der Brennkraftmaschine erfolgenden Verbrennung genau zu erfassen, um ihn dann insbesondere bei der Zumessung des Kraftstoffs in den Brennraum berücksichtigen zu können. Eine Möglichkeit, dies zu erreichen, besteht darin, daß die Brennkraftmaschine und insbesondere der Ablauf der Verbrennung in dem Brennraum als Modell abgebildet wird. Unter einem Modell wird in diesem Fall eine Art Motorbeobachter verstanden. Auf diese Weise kann erreicht werden, daß die in dem Brennraum vorhandenen Bedingungen in jedem Zeitpunkt aus dem Modell entnommen oder abgeleitet werden können. In Abhängigkeit davon können die Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine, beispielsweise die zuzumessende Kraftstoffmasse, optimal ermittelt und eingestellt werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, das eingangs genannte Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit Hilfe eines Modells zu verbessern.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das Gasgemisch in dem Ansaugrohr zur Bildung eines Modells der Brennkraftmaschine in einen Frischgasanteil, einen Inertgasanteil und einen Brenngasanteil aufgeteilt wird. Bei einer Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art wird die Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß durch das Steuergerät das Gasgemisch in dem Ansaugrohr zur Bildung eines Modells der Brennkraftmaschine in einen Frischgasanteil, einen Inertgasanteil und einen Brenngasanteil aufteilt,

bar ist.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß das dem Brennraum zugeführte Gasgemisch nicht nur aus Luft besteht, sondern daß dieses Gasgemisch einen Frischgasanteil, einen Inertgasanteil und einen Brenngasanteil aufweist. Unter Frischgas wird dabei ein Gas verstanden, das für eine Verbrennung erforderlich ist, also beispielsweise Sauerstoff. Unter Inertgas wird ein Gas verstanden, das nicht brennbar ist, also beispielsweise Kohlenmonoxid oder Kohlendioxid. 10 Und unter Brenngas wird ein Gas verstanden, das beispielsweise aus Kraftstoffdampf besteht.

Diese Aufteilung in die Anteile des Gasgemisches wird bei der Ermittlung eines Modells der Brennkraftmaschine für das dem Ansaugrohr zugeführte Gasgemisch angewendet. 15 Es wird also das dem Ansaugrohr zugeführte Gasgemisch in den genannten Frischgasanteil, Inertgasanteil und Brenngasanteil aufgeteilt. Auf der Grundlage dieser Aufteilung wird dann das Modell der Verbrennung in dem Brennraum der Brennkraftmaschine gebildet.

20 Durch die erfindungsgemäße Aufteilung des dem Ansaugrohr zugeführten Gasgemisches in die genannten Anteile ist es möglich, ein genaues Modell der Füllung in dem Ansaugrohr zu ermitteln. Ungenauigkeiten der Modellbildung werden damit vermieden. Ebenfalls ist es möglich, die einzelnen Anteile des Abgases separat weiterzuverarbeiten. Auch hierdurch wird die Genauigkeit weiter erhöht. Insbesondere können beispielsweise der Frischgasanteil in dem Abgas mit dem Frischgasanteil der über die Drosselklappe zugeführten Luft separat verknüpft werden. Auf diese Weise 25 werden Ungenauigkeiten vermieden, die bei einer Verknüpfung der zugeführten Luft mit dem gesamten rückgeführten Abgas entstehen würden.

Mit Hilfe des Modells, insbesondere mit Hilfe der modellierten Füllung in dem Ansaugrohr der Brennkraftmaschine, 30 kann unter anderem auf den Ablauf der Verbrennung in dem Brennraum geschlossen werden. Dies eröffnet die Möglichkeit, den einzuspritzenden Kraftstoff und/oder die über die Drosselklappe zufließende Luft und/oder die Abgasrückführrate genauer als bisher zu bestimmen, was unter ande- 35 rem eine Verringerung der erzeugten Abgase und damit auch der ausgestoßenen Schadstoffe zur Folge hat.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird das Abgas von dem Abgasrohr über eine externe Abgasrückführung dem Ansaugrohr rückgeführt, und es wird die 40 externe Abgasrückführung durch jeweils eine auf den Frischgasanteil, den Inertgasanteil und den Brenngasanteil einwirkende erste Totzeit berücksichtigt. Bei einer alternativen oder zusätzlichen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird das Abgas von dem Abgasrohr über eine interne Abgasrückführung dem Ansaugrohr rückgeführt, und es wird die 45 interne Abgasrückführung durch jeweils eine auf den Frischgasanteil, den Inertgasanteil und den Brenngasanteil einwirkende zweite Totzeit berücksichtigt. Auf diese einfache Weise ist es möglich, die Zeitspanne in das ermittelte 50 Modell einzubringen, die das aus dem Brennraum ausgestoßene Abgas benötigt, um von dem Abgasrohr bzw. aus dem Brennraum zu dem Ansaugrohr zu gelangen.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird die Menge des über die externe Abgasrückführung rückgeführten Abgases in Abhängigkeit von der Steuerung eines 55 Abgasrückführventils ermittelt, und/oder es wird die Menge des über die interne Abgasrückführung rückgeführten Abgases in Abhängigkeit von der Steuerung eines Einlaßventils ermittelt. Damit ist es möglich, für das Modell die Menge des über die externe Abgasrückführung rückgeführten Abgases aus der Steuerung des Abgasrückführventils zu berechnen. Entsprechend ist es möglich, aus der Steuerung des Einlaßventils auf die Menge des über die interne Abgas-

rückführung rückgeführten Abgases zu schließen.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird Regeneriergas von einer Tankentlüftung dem Ansaugrohr zugeführt, und es wird das Regeneriergas in einen Frischgasanteil und einen Brenngasanteil aufgeteilt. Die Tankentlüftung stellt eine weitere Maßnahme dar, mit der weniger Schadstoffe an die Luft abgegeben und gleichzeitig Kraftstoff eingespart werden soll. Der im Kraftstofftank zumindest in einem gewissen Umfang verdampfende Kraftstoff wird nicht mehr ins Freie abgegeben, sondern wird stattdessen aufgefangen und dem Ansaugrohr und damit der Verbrennung zugeführt. Erfindungsgemäß wird nun auch dieses aus dem Kraftstofftank entstammende Regeneriergas in die genannten Anteile aufgeteilt. Im Unterschied zu dem rückgeführten Abgas enthält das Regeneriergas jedoch keinen Inertgasanteil, sondern nur einen Frischgasanteil und einen Brenngasanteil.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung werden die Frischgasanteile der externen Abgasrückführung und der Tankentlüftung addiert, und es werden die Brenngasanteile der externen Abgasrückführung und der Tankentlüftung addiert. Es werden erfindungsgemäß also die korrespondierende Anteile des rückgeführten Abgases und des Regeneriergases addiert. Die genannten Anteile werden auf diese Weise separat berücksichtigt, was – wie erwähnt – zu einer höheren Genauigkeit des erfindungsgemäßen Modells der Verbrennung führt.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Menge des über die Tankentlüftung zugeführten Abgases in Abhängigkeit von der Steuerung eines Tankentlüftungsventils ermittelt wird.

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung wird der Frischgasanteil der über die Drosselklappe zugeführten Luft zu den Frischgasanteilen der externen Abgasrückführung und ggf. der Tankentlüftung hinzugezählt. Es werden erfindungsgemäß also die korrespondierende Anteile des rückgeführten Abgases und der zugeführten Luft addiert. Die genannten Anteile werden auf diese Weise separat berücksichtigt, was – wie erwähnt – zu einer höheren Genauigkeit des erfindungsgemäßen Modells der Verbrennung führt.

Bei einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird das Ansaugrohr durch jeweils eine auf die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile der Abgasrückführung und der über die Drosselklappe zugeführten Luft und ggf. der Tankentlüftung einwirkende Totzeit berücksichtigt. Auf diese einfache Weise ist es möglich, die Durchströmzeit durch das Ansaugrohr in das ermittelte Modell einzubringen.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile der externen Abgasrückführung und der über die Drosselklappe zugeführten Luft und ggf. der Tankentlüftung und die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile der internen Abgasrückführung jeweils addiert. Es werden erfindungsgemäß also die korrespondierenden Anteile des rückgeführten Abgases und der zugeführten Luft addiert. Die genannten Anteile werden auf diese Weise separat berücksichtigt, was – wie erwähnt – zu einer höheren Genauigkeit des erfindungsgemäßen Modells der Verbrennung führt.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung werden die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile des Abgases im Abgasrohr mit Hilfe von Brenngleichungen aus den Frischgasanteilen, den Inertgasanteilen und den Brenngasanteilen des Gasgemisches im Ansaugrohr ermittelt. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, daß die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile des Abgases im Abgasrohr mit Hilfe von Sensoren ermittelt werden, die insbesondere im Abgasrohr angeordnet

sind. Auf diese Weise wird die Verbindung hergestellt von dem Gasgemisch im Ansaugrohr über den Brennraum der Brennkraftmaschine zu dem Abgas im Abgasrohr.

Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Form eines Steuerelements, das für ein Steuergerät einer Brennkraftmaschine, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, vorgesehen ist. Dabei ist auf dem Steuerelement ein Programm abgespeichert, das auf einem Rechengerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. In diesem Fall wird also die Erfindung durch ein auf dem Steuerelement abgespeichertes Programm realisiert, so daß dieses mit dem Programm versehene Steuerelement in gleicher Weise die Erfindung darstellt wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Programm geeignet ist. Als Steuerelement kann insbesondere ein elektrisches Speichermedium zur Anwendung kommen, beispielsweise ein Read-Only-Memory.

Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren der Zeichnung dargestellt sind. Dabei bilden alle beschriebenen oder dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Patentansprüchen oder deren Rückbeziehung sowie unabhängig von ihrer Formulierung bzw. Darstellung in der Beschreibung bzw. in der Zeichnung.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine,

Fig. 2 zeigt ein schematisches Blockschaltbild eines Modells zur Ermittlung der Anzahl der dem Ansaugrohr der Brennkraftmaschine der Fig. 1 zufließenden und abfließenden Teilchen und

Fig. 3 zeigt ein weiteres, schematisches Blockschaltbild des erfindungsgemäßen Modells der Fig. 2 zur Aufspaltung der Teilchenströme in Frischgas, Inertgas und Brenngas.

In der Fig. 1 ist eine Brennkraftmaschine 1 eines Kraftfahrzeugs dargestellt, bei der ein Kolben 2 in einem Zylinder 3 hin- und herbewegbar ist. Der Zylinder 3 ist mit einem Brennraum 4 versehen, der unter anderem durch den Kolben 2, ein Einlaßventil 5 und ein Auslaßventil 6 begrenzt ist. Mit dem Einlaßventil 5 ist ein Ansaugrohr 7 und mit dem Auslaßventil 6 ist ein Abgasrohr 8 gekoppelt. Ebenfalls sind dem Brennraum 4 ein Einspritzventil und eine ggf. Zündkerze zugeordnet.

In dem Ansaugrohr 7 ist eine drehbare Drosselklappe 9 untergebracht, über die dem Ansaugrohr 7 Luft zuführbar ist. Die Menge der zugeführten Luft ist abhängig von der Winkelstellung der Drosselklappe 9.

Zwischen der Drosselklappe 9 und dem Brennraum 4 mündet eine Tankentlüftungsleitung 10 in das Ansaugrohr 7. Die Tankentlüftungsleitung 10 ist über ein Tankentlüftungsventil 11 mit einem Aktivkohlefilter 12 verbunden. Über die Tankentlüftungsleitung 10 kann Regeneriergas, das in einem Kraftstofftank des Kraftfahrzeugs verdampft und in dem Aktivkohlefilter 12 aufgefangen worden ist, dem Ansaugrohr 7 zugeführt werden. Die Menge des zugeführten Regeneriergases ist abhängig von der Stellung des Tankentlüftungsventils 11.

Von dem Abgasrohr 8 führt eine Abgasrückführleitung 13 zurück zu dem Ansaugrohr 7, wo sie zwischen der Drosselklappe 9 und dem Brennraum 4 in dieselbe mündet. Über die Abgasrückführleitung 12 kann Abgas aus dem Abgasrohr 8 in das Ansaugrohr 7 rückgeführt werden. In der Abgasrückführleitung 13 ist ein Abgasrückführventil 14 eingebracht, von dessen Stellung die Menge des rückgeführten Abgases

abhängig ist.

Anhand der **Fig. 2** wird nachfolgend erläutert, wie die Anzahl der dem Ansaugrohr 7 zufließenden und abfließenden Teilchen mittels eines Modells ermittelt werden kann. Diese Anzahl kann dann in der Darstellung des Modells nach der **Fig. 3** weiterverwendet werden.

Die in der **Fig. 2** verwendeten Bezeichnungen sind im Anhang 1 erläutert. Die zu der **Fig. 2** zugehörigen Gleichungen sind im Anhang 2 angegeben.

Bei einem Hub des Kolbens 2 in dem Zylinder 3 während der Ansaugphase der Brennkraftmaschine 1 wird dem Ansaugrohr 7 die Teilchenanzahl Nzylneu entnommen. Diese ergibt sich aus der Subtraktion der Teilchenanzahl Nzylrg von der Teilchenanzahl Nzylges.

Bei der Teilchenanzahl Nzylges handelt es sich um diejenige Teilchenanzahl, die der Kolben 2 aufgrund des maximal vorhandenen Volumens des Brennraums 4 aus dem Ansaugrohr 7 ansaugen könnte. Das maximal vorhandene Volumen des Brennraums 4 ist abhängig von dem Hubvolumen Vhub des Kolbens 2 und dem Totvolumen Vtot, das der Brennraum 4 aufweist. Die Teilchenanzahl Nzylges kann über die allgemeine Gasgleichung berechnet werden, wobei die Temperatur tbras im Brennraum 4 bei schließendem Einlassventil 5 und der Druck psaug im Ansaugrohr 7 zu berücksichtigen ist.

Bei der Teilchenanzahl Nzylrg handelt es sich um diejenige Teilchenanzahl, die als Totvolumen in dem Brennraum 4 verblieben ist, und von dem Kolben 2 deshalb nicht aus dem Ansaugrohr 7 angesaugt wird, da diese Teilchenanzahl – wie gesagt – noch von der letzten Verbrennung in dem Brennraum 4 des Zylinders 3 vorhanden ist. Die letztgenannte Teilchenanzahl Nzylrg hängt von dem Totvolumen Vtot ab, das der Brennraum 4 aufweist. Die Teilchenanzahl Nzylrg kann über die allgemeine Gasgleichung berechnet werden, wobei die Temperatur tbras im Brennraum 4 bei schließendem Auslaßventil 6 und der Druck pabg im Abgasrohr 8 zu berücksichtigen ist.

Die dem Ansaugrohr 7 entnommene Teilchenanzahl Nzylneu wird danach in einen Teilchenstrom Nabges umgerechnet, also in eine Teilchenanzahl pro Zeiteinheit. Hierzu wird die Teilchenanzahl Nzylneu mit der Drehzahl nmot der Brennkraftmaschine 1 multipliziert. Da es sich bei der Brennkraftmaschine 1 um einen Viertaktmotor handelt, und da ein Viertaktmotor nur alle zwei Umdrehungen eine Ansaugphase aufweist, ist die multiplikative Konstante K vorgesehen. Gleichzeitig wird mit der Konstanten K eine Umrechnung von Minuten in Sekunden durchgeführt.

Der Teilchenstrom Nabges kann in die gesamte, aus dem Ansaugrohr 7 abfließende, zu dem Brennraum 4 hinfließende relative Füllung rfges umgerechnet werden.

Das Abfließen von Teilchen aus dem Ansaugrohr 7 in den Brennraum 4 hat gleichzeitig ein Zufließen von Teilchen in das Ansaugrohr 7 zur Folge. Dabei handelt es sich um den Teilchenstrom Nzuges.

Der Teilchenstrom Nzuges kann in die gesamte, in das Ansaugrohr 7 zufließende, relative Füllung rfgesro umgerechnet werden.

Der Teilchenstrom Nzuges setzt sich zusammen aus den Teilchenströmen Nzudk, Nzutev und Nzagr. Der Teilchenstrom Nzudk besteht aus Luft und fließt dem Ansaugrohr 7 über die Drosselklappe 9 zu. Der Teilchenstrom Nzutev besteht aus Regeneriergas und fließt dem Ansaugrohr 7 über die Tankentlüftungsleitung 10 zu. Der Teilchenstrom Nzagr besteht aus Abgas und fließt dem Ansaugrohr 7 über die Abgasrückführleitung 13 zu.

Der aus dem Ansaugrohr 7 abfließende Teilchenstrom Nabges wird von dem dem Ansaugrohr 7 zufließenden Teilchenstrom Nzuges subtrahiert. Das Ergebnis wird einem In-

tegrator 15 zugeführt, der das Speicherverhalten des Ansaugrohrs 7 modelliert. Aus dem dem Integrator 15 zugeführten Teilchenstrom, also aus der zugeführten Teilchenanzahl pro Zeiteinheit, erzeugt der Integrator 15 die Teilchenanzahl Nsaugges. Bei dieser Teilchenanzahl Nsaugges handelt es sich um diejenige Teilchenanzahl, die sich im jeweiligen Zeitpunkt in dem Ansaugrohr 7 befindet.

Mit der allgemeinen Gasgleichung kann aus der Teilchenanzahl Nsaugges der Druck psaug im Ansaugrohr 7 ermittelt werden. Hierzu werden das Volumen Vsaug des Ansaugrohrs 7 und die Temperatur tsaug der Gase im Ansaugrohr 7 berücksichtigt.

Aus dem Druck psaug im Ansaugrohr 7 kann die Teilchenanzahl Nzylges und daraus die Teilchenanzahl Nzylneu ermittelt werden, von denen eingangs bei der Beschreibung der **Fig. 2** ausgegangen worden ist.

In der **Fig. 3** ist das Modell der **Fig. 2** insbesondere im Hinblick auf die Verbrennung eines Kraftstoff/Luft-Gemisches in dem Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1 dargestellt.

Die in der **Fig. 3** verwendeten Bezeichnungen sind im Anhang 3 erläutert. Die zu der **Fig. 3** zugehörigen Gleichungen sind im Anhang 4 angegeben.

Bei jeder Ausstoßphase der Brennkraftmaschine 1 wird das Abgas rfgabges aus dem Brennraum 4 in das Abgasrohr 8 ausgestoßen. Dieses Abgas rfgabges setzt sich zusammen aus dem Frischgasanteil rffgabg, dem Inertgasanteil rfigabg und dem Brenngasanteil rfhcabg. Bei dem Frischgasanteil rffgabg handelt es sich um ein Gas, das für eine Verbrennung erforderlich ist, also beispielsweise um Sauerstoff. Bei dem Inertgasanteil rfigabg handelt es sich um ein Gas, das nicht brennbar ist, also beispielsweise um Kohlenmonoxid oder Kohlendioxid. Und unter dem Brenngasanteil rfhcabg wird ein Gas verstanden, das beispielsweise aus Kraftstoffdampf besteht.

Bei dem Frischgasanteil rffgabg, dem Inertgasanteil rfigabg und dem Brenngasanteil rfhcabg handelt es sich um relative Füllungen, die mittels einer Division durch das gesamte ausgestoßene Abgas rfgabges in die zugehörigen Konzentrationen kfgabg, kigabg und khcabg umgerechnet werden. Dies ist in den Blöcken 19 dargestellt.

Die genannten Konzentrationen kfgabg, kigabg und khcabg werden jeweils einem Totzeitglied 16 zugeführt, mit dem die Zeitspanne modelliert wird, die das Abgas benötigt, um von dem Abgasrohr 8 über die Abgasrückführleitung 13 zu dem Ansaugrohr 7 zu gelangen. Mit Hilfe der Totzeitglieder 16 wird also die Abgasrückführung über die Abgasrückführleitung 13 und das Abgasrückführventil 14 berücksichtigt. Dies stellt eine externe Abgasrückführung dar.

In Abhängigkeit von der Stellung des Abgasrückführventils 14 kann die Menge des über die Abgasrückführleitung 13 rückgeführten Abgases rffagro ermittelt werden. Durch eine Multiplikation der zeitverzögerten Konzentrationen kfgabg, kigabg und khcabg mit dem rückgeführten Abgas rffagro ergeben sich wieder die zugehörigen relativen Füllungen. Dies ist in dem Block 20 dargestellt, mit dem die über die externe Abgasrückführung rückgeführten Anteile rffagro, rfigagro, rfhcagro ermittelt werden. Bei diesen Anteilen handelt es sich um den dem Ansaugrohr 7 rückgeführten Frischgasanteil rffgagro, Inertgasanteil rfigagro und Brenngasanteil rfhcagro.

Die Konzentrationen kfgabg, kigabg und khcabg werden ebenfalls jeweils einem Totzeitglied 17 zugeführt, mit dem die Zeitspanne zwischen zwei aufeinanderfolgenden Verbrennungen derselben Zylinder 3 modelliert wird.

Wie im Zusammenhang mit der **Fig. 2** erläutert wurde, verbleibt bei jeder Verbrennung ein Totvolumen mit Abgas in dem Brennraum 4 der Brennkraftmaschine 1. Dieses Tot-

volumen muß bei der nächsten Verbrennung wieder berücksichtigt werden. Dies wird durch die Rückführung über die Totzeitglieder 17 erreicht und wird als interne Abgasrückführung bezeichnet.

Zusätzlich zu dem verbleibenden Totvolumen kann eine derartige Rückführung von Abgas aus dem Brennraum 4 in das Ansaugrohr 7 noch dadurch verstärkt werden, daß das Einlaßventil 5 während der Ausstoßphase der Brennkraftmaschine 1 zumindest für eine gewisse Zeitdauer geöffnet wird. Während dieser Zeitdauer wird Abgas direkt aus dem Brennraum 4 zurück in das Ansaugrohr 7 ausgestoßen. Bei dieser Abgasrückführung handelt es sich sozusagen um eine erweiterte interne Abgasrückführung, die ebenfalls bei der nächsten Verbrennung berücksichtigt werden muß. Dies wird wiederum mit Hilfe der Totzeitglieder 17 erreicht.

In Abhängigkeit von dem Totvolumen des Brennraums 4 der Brennkraftmaschine 1 und gegebenenfalls von der Steuerung des Einlaßventils 5 kann die Menge des unmittelbar rückgeführten Abgases $rffg$ ermittelt werden. Mit Hilfe dieses Werts können dann mittels des Blocks 21 aus den zeitverzögerten Konzentrationen $kfgabg$, $kigabg$ und $khcabg$ multiplikativ die über die interne Abgasrückführung rückgeführten Anteile $rffgirg$, $rfigirg$, $rfhcirg$ ermittelt werden. Bei diesen Anteilen handelt es sich um den dem Ansaugrohr 7 rückgeführten Frischgasanteil $rffgirg$, Inertgasanteil $rfigirg$ und Brenngasanteil $rfhcirg$.

Das über die Tankentlüftungsleitung 10 dem Ansaugrohr 7 zugeführte Regeniergas $rftro$ setzt sich aus einem Frischgasanteil $rffgtero$ und einem Brenngasanteil $rfhtero$ zusammen. Die gesamte Menge des Regeniergases $rftro$ kann über die Stellung des Tankentlüftungsventils 11 ermittelt werden. In Abhängigkeit von der Konzentration des Regeniergases $rftro$ kann dann auf die prozentualen Anteile des Frischgasanteils $rffgtero$ und des Brenngasanteils $rfhtero$ geschlossen werden.

Unter anderem in Abhängigkeit von dem vorhandenen Luftdruck weist die dem Ansaugrohr 7 über die Drosselklappe 9 zugeführte Luft einen bestimmten Frischgasanteil $rffgdk$ auf.

Dieser letztergenannte Frischgasanteil $rffgdk$, der Frischgasanteil $rffgtero$ des Regeniergases und der Frischgasanteil $rffgagro$ der externen Abgasrückführung werden addiert. Das Ergebnis wird einem Block 22 zugeführt.

Der Inertgasanteil $rfigagro$ der externen Abgasrückführung wird ebenfalls dem Block 22 zugeführt.

Der Brenngasanteil $rfhtero$ des Regeniergases und der Brenngasanteil $rfhcagro$ der externen Abgasrückführung werden addiert und dann dem Block 22 zugeführt.

Wie im Zusammenhang mit der Fig. 2 erläutert worden ist, kann aus dem Teilchenstrom $Nzuges$ die gesamte, in das Ansaugrohr 7 zufließende relative Füllung $rfges$ ermittelt werden. Durch Division durch diese gesamte, relative Füllung $rfges$ werden die dem Block 22 zugeführten, teilweise durch Additionen ermittelten, relativen Füllungen in Konzentrationen umgerechnet.

Die sich ergebenden Konzentrationen werden mit Hilfe von Totzeitgliedern 18 zeitverzögert. Hierdurch wird der Transport des Gasgemisches in dem Ansaugrohr 7 modelliert. Die Totzeitglieder 18 können zusätzlich mit einem Tiefpaß versehen sein, mit dem die Vermischung während des Druchflusses des Gasgemisches durch das Ansaugrohr 7 der Brennkraftmaschine 1 modelliert werden kann. Die Totzeitglieder 18 beziehen sich dabei auf das Frischgas, das Inertgas und das Brenngas, die zusammen das Gasgemisch in dem Ansaugrohr 7 der Brennkraftmaschine 1 bilden.

Wie im Zusammenhang mit der Fig. 2 erläutert worden ist, kann aus dem Teilchenstrom $Nabges$ die gesamte, aus dem Ansaugrohr 7 abfließende, relative Füllung $rfges$ ermit-

telt werden. Durch Multiplikation mit dieser gesamten, relativen Füllung $rfges$ in einem Block 23 können die durch die Totzeitglieder 18 zeitverzögerten Konzentrationen wieder in relative Füllungen umgerechnet werden, und zwar in die relative Füllung $rffg$ für das Frischgas, in die relative Füllung $rfig$ für das Inertgas und in die relative Füllung $rfhc$ für das Brenngas.

Die externe Abgasrückführung über die Abgasrückleitung 13 ist nach der Fig. 1 mit dem Ansaugrohr 7 verbunden. Aus diesem Grund werden die zu der externen Abgasrückführung zugehörigen Anteile vor den das Ansaugrohr 7 modellierenden Totzeitgliedern 18 eingekoppelt. Im Unterschied dazu erfolgt die interne Abgasrückführung unmittelbar im Brennraum 4 oder gegebenenfalls zusätzlich von dem Brennraum 4 in das Ansaugrohr 7. Aus diesem Grund werden die zu der internen Abgasrückführung zugehörigen Anteile nach den das Ansaugrohr 7 modellierenden Totzeitgliedern 18 eingekoppelt.

Der Frischgasanteil $rffg$ und der Frischgasanteil $rffgirg$ der internen Abgasrückführung werden addiert. Der sich ergebende Frischgasanteil $rffguv$ stellt das Frischgas dar, das dem Brennraum 4 zugeführt wird. Der Inertgasanteil $rfig$ und der Inertgasanteil $rfigirg$ der internen Abgasrückführung werden addiert. Der sich ergebende Inertgasanteil $rfiguv$ stellt das Inertgas dar, das dem Brennraum 4 zugeführt wird. Der Brenngasanteil $rfhc$ und der Brenngasanteil $rfhcirg$ der internen Abgasrückführung werden addiert. Der sich ergebende Brenngasanteil $rfhcuv$ stellt das Brenngas dar, das dem Brennraum 4 zugeführt wird.

Dem Brennraum 4 wird eine relative Kraftstoffmasse rk eingespritzt. Diese Kraftstoffmasse rk sowie der Frischgasanteil $rffguv$, der Inertgasanteil $rfiguv$ und der Brenngasanteil $rfhcuv$ werden im Brennraum 4 mittels einer Zündkerze gezündet und verbrannt. Aus dieser Verbrennung ergibt sich dann wieder das Abgas mit dem Frischgasanteil $rffgabg$, dem Inertgasanteil $rfigabg$ und dem Brenngasanteil $rfhcabg$, von denen eingangs bei der Beschreibung der Fig. 3 ausgegangen worden ist.

Das Abgas in dem Abgasrohr 8, das aus dem Frischgasanteil $rffgabg$, dem Inertgasanteil $rfigabg$ und dem Brenngasanteil $rfhcabg$ besteht, kann mit Hilfe der nachfolgenden Brenngleichungen aus dem über das Ansaugrohr 7 dem Brennraum 4 zugeführten Gasgemisch ermittelt werden, wobei letzteres aus dem Frischgasanteil $rffguv$, dem Inertgasanteil $rfiguv$ und dem Brenngasanteil $rfhcuv$ besteht.

Für das Frischgas gilt:

$$rffgabg = rffguv - \langle rk \cdot \eta_{vb} \cdot rfhcuv \cdot 30 \rangle$$

mit $\max \langle \rangle = rffguv$.

η_{vb} stellt denjenigen Anteil an der relativen Füllung des dem Brennraum 4 zugeführten Brenngases $rfhcuv$ dar, der tatsächlich in dem Brennraum 4 verbrannt wird. Dieser Anteil ergibt sich daraus, daß insbesondere bei einer direkten Einspritzung der relativen Kraftstoffmasse rk in den Brennraum 4 und einer daraus resultierenden Schichtladung gegebenenfalls nicht das gesamte, als homogene Ladung dem Brennraum 4 zugeführte Brenngas $rfhcuv$ von der Zündflamme erreicht und damit verbrannt wird.

Der Faktor 30 ergibt sich aus dem stöchiometrischen Verhältnis von Frischgas zu Brenngas, wobei – bezogen auf Butan – das Massenverhältnis 1 : 15 und das Dichteverhältnis 1 : 2 ist.

Der Klammerausdruck $\langle \rangle$ wird von dem dem Brennraum

4 zugeführten Frischgas $rffguv$ abgezogen, da bei der Verbrennung die zugeführte Kraftstoffmasse rk und das zugeführte Brenngas umgewandelt und damit dem zugeführten Frischgas "weggenommen" wird.

Für das Inertgas gilt:

$$rfigabg = rfiguvg + <rk \cdot \eta_{vb} \cdot rfhcuvg \cdot 30>$$

mit max $<> = rffguvg$.

In diesem Fall wird der Klammerausdruck $<>$ zu dem dem Brennraum 4 zugeführten Inertgas rfiguvg hinzugefügt, da bei der Verbrennung die zugeführte Kraftstoffmasse rk und das zugeführte Brenngas unter Bildung von Abgas umgewandelt wird und damit mehr Inertgas entsteht.

Für das Brenngas gilt:

$$rfhcabg = rfhcuvg * (1 - \eta_{vb}) + <(rk + \eta_{vb} \cdot rfhcuvg \cdot 30) - (rffguvg/30)>$$

mit min $<> = 0$.

Das Brenngas rfhcabg ist einerseits um den tatsächlich in dem Brennraum verbrannten Anteil verringert. Andererseits wird mit dem Klammerausdruck $<>$ eine Korrektur durchgeführt, die insbesondere bei einem fetten Gemisch erforderlich ist.

Insgesamt werden auf diese Weise mit den Brenngleichungen die im Abgasrohr 8 enthaltenen Frischgasanteile rffgabg, Inertgasanteile rfigabg und Brenngasanteile rfhcabg ermittelt.

Alternativ oder zusätzlich ist es möglich, die genannten, im Abgasrohr 8 enthaltenen Frischgasanteile rffgabg, Inertgasanteile rfigabg und Brenngasanteile rfhcabg mit Hilfe von Sensoren zu ermitteln, die im Abgasrohr 8 angeordnet sind.

Nzylneu = dem Ansaugrohr 7 bei einem Hub des Zylinders 3 entnommene Teilchenzahl, Einheit: kmol

Nzylrig = im Zylinder 3 von letzter Verbrennung noch vorhandene Teilchenzahl, Einheit: kmol

Nzylges = vom Zylinder 3 insgesamt bei einem Hub ansaubare Teilchenzahl, Einheit: kmol

Vtot = Totvolumen des Zylinders 3, Einheit: m³

Vhub = Hubvolumen des Zylinders 3, Einheit: m³

psaug = Druck im Ansaugrohr 7 bei geschlossenem Einlaßventil 5, Einheit: N/m²

tsaug = Temperatur im Ansaugrohr 7 bei geschlossenem Einlaßventil 5, Einheit: K

Vsaug = Volumen des Ansaugrohrs 7, Einheit: m³

Nsaugges = im Ansaugrohr 7 enthaltene Teilchenzahl, Einheit: kmol

Nzuges = dem Ansaugrohr 7 pro Zeiteinheit zuströmende Teilchenzahl, Einheit: kmol/s

Nabges = aus dem Ansaugrohr 7 pro Zeiteinheit abgesaugte Teilchenzahl, Einheit: kmol/s

Nzutev = über Tankentlüftungsventil 11 pro Zeiteinheit zuströmende Teilchenzahl, Einheit: kmol/s

Nzudk = über Drosselklappe 9 pro Zeiteinheit zuströmende Teilchenzahl, Einheit: kmol/s

Nzuagr = über Abgasrückführventil 14 pro Zeiteinheit zuströmende Teilchenzahl, Einheit: kmol/s

nmot = Drehzahl der Brennkraftmaschine 1, Einheit: 1/min

rfges = gesamte, relative Füllung aus dem Ansaugrohr 7, Einheit: %

rfgesro = gesamte, relative Füllung in das Ansaugrohr 7, Einheit: %

tbres = Temperatur im Brennraum 4 bei schließendem Einlaßventil 5, Einheit: K

tbras = Temperatur im Brennraum 4 bei schließendem Auslaßventil 6, Einheit: K

pabg = Druck im Abgasrohr 8, Einheit: N/m²

T = Zeit, Einheit: sec

R = Gaskonstante: 8314 Nm/kmol · K

K = Konstante: 120 sec/min

Nzylneu = Nzylges - Nzylrig

Nzylges = (psaug · (Vtot + Vhub))/(R · tbres)

Nzylrig = (pabg · Vtot)/(R · tbras)

Nabges = (Nzylneu · nmot)/K

Nsaugges = (Nzuges - Nabges) · T

psaug = (Nsaugges · tsaug · R)/Vsaug

Nzuges = Nzutev + Nzudk + Nzuagr

rftero = gesamte relative Füllung, von Tankentlüftung zum Ansaugrohr

rffgtero = relative Füllung, Frischgas, von Tankentlüftung zum Ansaugrohr

rfhctero = relative Füllung, Brenngas, von Tankentlüftung zum Ansaugrohr

rffgdkro = relative Füllung, Frischgas, von Drosselklappe zum Ansaugrohr

rfagro = gesamte relative Füllung, von externer AGR zum Ansaugrohr

rffgagro = relative Füllung, Frischgas, von externer AGR zum Ansaugrohr

rfigagro = relative Füllung, Inertgas, von externer AGR zum Ansaugrohr

rfhcagro = relative Füllung, Brenngas, von externer AGR zum Ansaugrohr

rfabgges = gesamte, relative Füllung, Abgas

rffgabg = relative Füllung, Frischgas im Abgas

rfigabg = relative Füllung, Inertgas im Abgas

rfhcabg = relative Füllung, Brenngas im Abgas

kfgabg = Konzentration Frischgas im Abgas

kigabg = Konzentration Inertgas im Abgas

khcabg = Konzentration Brenngas im Abgas

rffg = relative Füllung, Frischgas

rfig = relative Füllung, Inertgas

rfhc = relative Füllung, Brenngas

rffgirg = relative Füllung, Frischgas, von interner AGR

rfigirg = relative Füllung, Inertgas, von interner AGR

rfhcirg = relative Füllung, Brenngas, von interner AGR

rfirg = gesamte relative Füllung, von interner AGR

rffguvg = relative Füllung, Frischgas, zum Brennraum

rfiguvg = relative Füllung, Inertgas, zum Brennraum

rfhcuvg = relative Füllung, Brenngas, zum Brennraum

rk = relative Kraftstoffmasse

rfgesro = rffgtero + rffgdkro + rffgagro + rfigagro +

rfhctero + rfhcagro

rfges = rffg + rfig + rfhc

rftoro = rffgtero + rfhctero

rffguvg = rffg + rffgirg

rfiguvg = rfig + rfigirg

rfhcuvg = rfhc + rfhcirg

rfigirg = rffgirg + rfigirg + rfhcirg

rfabgges = rffgabg + rfigabg + rfhcabg

kfgabg = rffgabg/rfabgges

kigabg = rfigabg/rfabgges

khcabg = rfhcabg/rfabgges

rfigagro = rffgagro + rfigagro + rfhcagro

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1), insbesondere eines Kraftfahrzeugs, wobei Luft über eine Drosselklappe (9) einem Ansaugrohr (7) zugeführt und Abgas von einem Abgasrohr (8) über eine Abgasrückführung dem Ansaugrohr (7) rückgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Gasgemisch in dem Ansaugrohr (7) zur Bildung eines Modells der Brennkraftmaschine (1) in einen Frischgasanteil (rffgabg), einen Inertgasanteil (rfigabg) und einen

Brenngasanteil (rfhcabg) aufgeteilt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Abgas von dem Abgasrohr (8) über eine externe Abgasrückführung (13, 14) dem Ansaugrohr (7) rückgeführt wird, und daß die externe Abgasrückführung (13, 14) durch jeweils eine auf den Frischgasanteil (rffgabg), den Inertgasanteil (rfigabg) und den Brenngasanteil (rfhcabg) einwirkende erste Totzeit (16) berücksichtigt wird. 5

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Abgas von dem Abgasrohr (8) über eine interne Abgasrückführung (4, 5) dem Ansaugrohr (7) rückgeführt wird, und daß die interne Abgasrückführung (4, 5) durch jeweils eine auf den Frischgasanteil (rffgabg), den Inertgasanteil (rfigabg) und den Brenngasanteil (rfhcabg) einwirkende, zweite Totzeit (17) berücksichtigt wird. 10

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge des über die externe Abgasrückführung (13, 14) rückgeführten Abgases in Abhängigkeit von der Steuerung eines Abgasrückführventils (14) ermittelt wird, und/oder daß die Menge des über die interne Abgasrückführung (4, 5) rückgeführten Abgases in Abhängigkeit von der Steuerung eines Einlaßventils (5) ermittelt wird. 20

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß Regeniergas von einer Tankentlüftung (10, 11, 12) dem Ansaugrohr (7) zugeführt wird und daß das Regeniergas in einen Frischgasanteil (rffgtero) und einen Brenngasanteil (rfhctero) 30 aufgeteilt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 2 und Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Frischgasanteile der externen Abgasrückführung (rffgagro) und der Tankentlüftung (rffgtero) addiert werden und daß die Brenngasanteile der externen Abgasrückführung (rfhccagro) und der Tankentlüftung (rfhctero) addiert werden. 35

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Menge des über die Tankentlüftung (10, 11, 12) zugeführten Abgases in Abhängigkeit von der Steuerung eines Tankentlüftungsventils (11) ermittelt wird. 40

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Frischgasanteil (rffgdkro) der über die Drosselklappe (9) zugeführten Luft zu den Frischgasanteilen der externen Abgasrückführung (rffgagro) und ggf. der Tankentlüftung (rffgtero) hinzuaddiert wird. 45

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Ansaugrohr (7) durch jeweils eine auf die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile der Abgasrückführung (13, 14) und der über die Drosselklappe (9) zugeführten Luft und ggf. der Tankentlüftung (10, 11, 12) einwirkende Totzeit (18) und ggf. durch eine Filterung berücksichtigt wird. 55

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile der externen Abgasrückführung (13, 14) und der über die Drosselklappe (9) zugeführten Luft und ggf. der Tankentlüftung (10, 11, 12) und die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile der internen Abgasrückführung (4, 5) jeweils addiert werden. 60

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile des Abgases im Abgasrohr (8) mit Hilfe von Brenngleichungen aus den Frischgasanteilen, den Inertgasanteilen und den Brenngasanteilen des Gasgemisches im Ansaugrohr (7) ermittelt werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Frischgasanteile, die Inertgasanteile und die Brenngasanteile des Abgases im Abgasrohr (8) mit Hilfe von im Abgasrohr (8) angeordneten Sensoren ermittelt werden.

13. Steuerelement, insbesondere Read-Only-Memory, für ein Steuergerät der Brennkrafumaschine (1), insbesondere eines Kraftfahrzeugs, auf dem ein Programm abgespeichert ist, das auf einem Rechengerät, insbesondere auf einem Mikroprozessor, ablauffähig und zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12 geeignet ist.

14. Brennkrafumaschine (1) insbesondere für ein Kraftfahrzeug, mit einer Drosselklappe (9), über die Luft einem Ansaugrohr (7) zuführbar ist, mit einer Abgasrückführung (13, 14), über die Abgas von einem Abgasrohr (8) dem Ansaugrohr (7) rückführbar ist, und mit einem Steuergerät zur Steuerung und/oder Regelung der Brennkrafumaschine (1), dadurch gekennzeichnet, daß durch das Steuergerät das Gasgemisch in dem Ansaugrohr (7) zur Bildung eines Modells der Brennkrafumaschine (1) in einen Frischgasanteil (rffgabg), einen Inertgasanteil (rfigabg) und einen Brenngasanteil (rfhcabg) aufteilbar ist.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

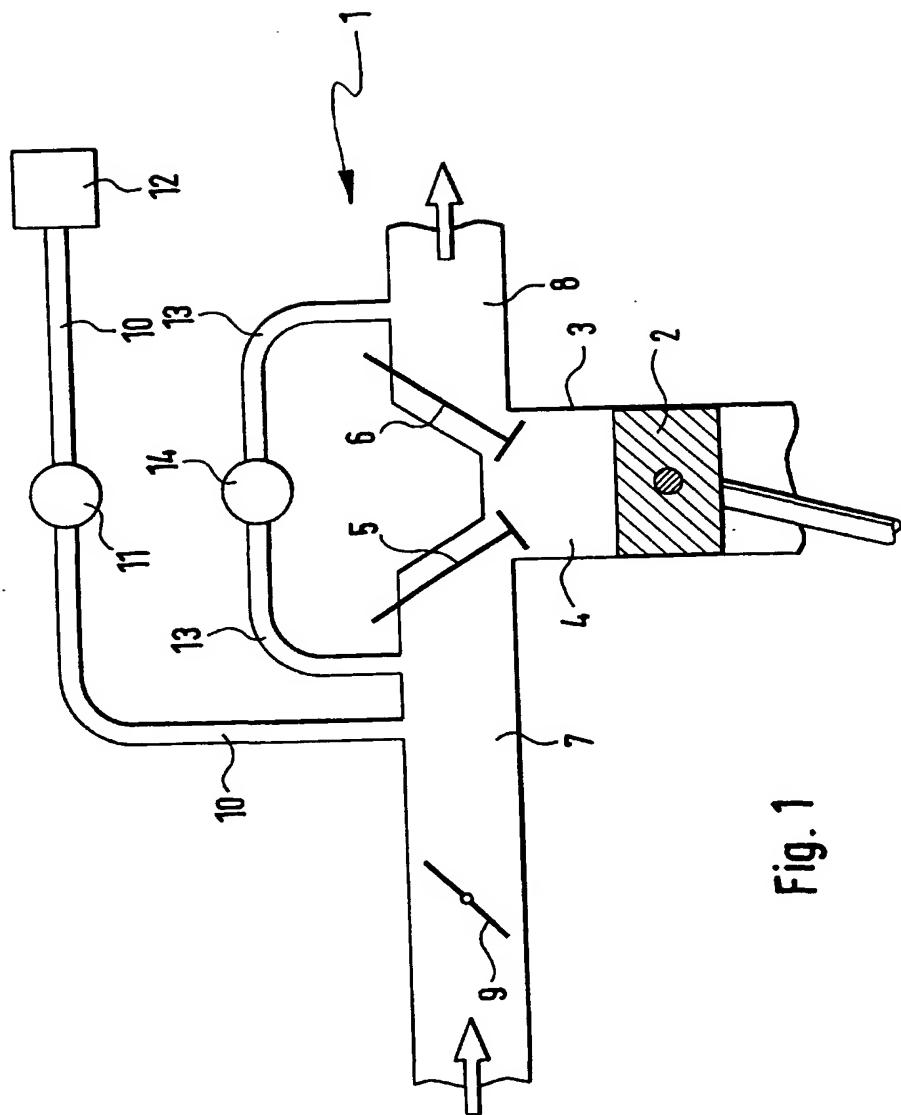


Fig. 1

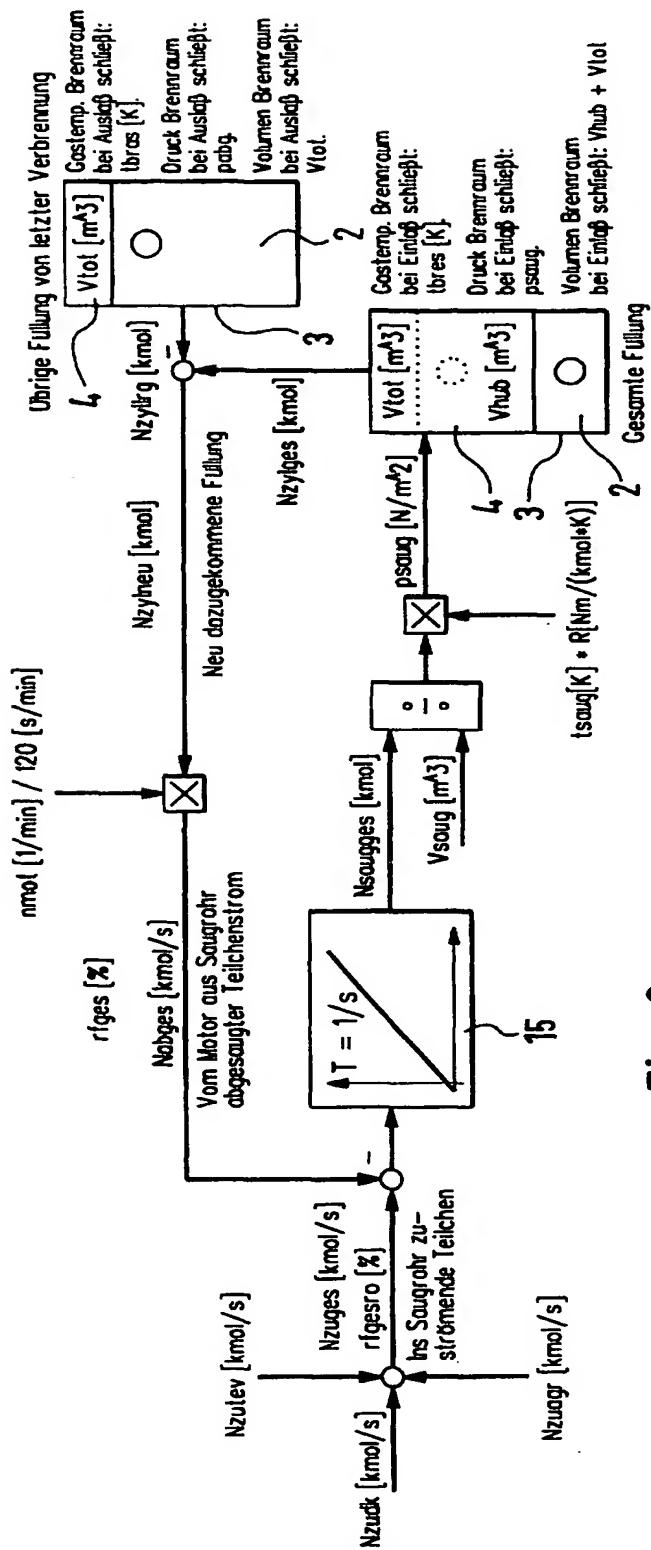


Fig. 2

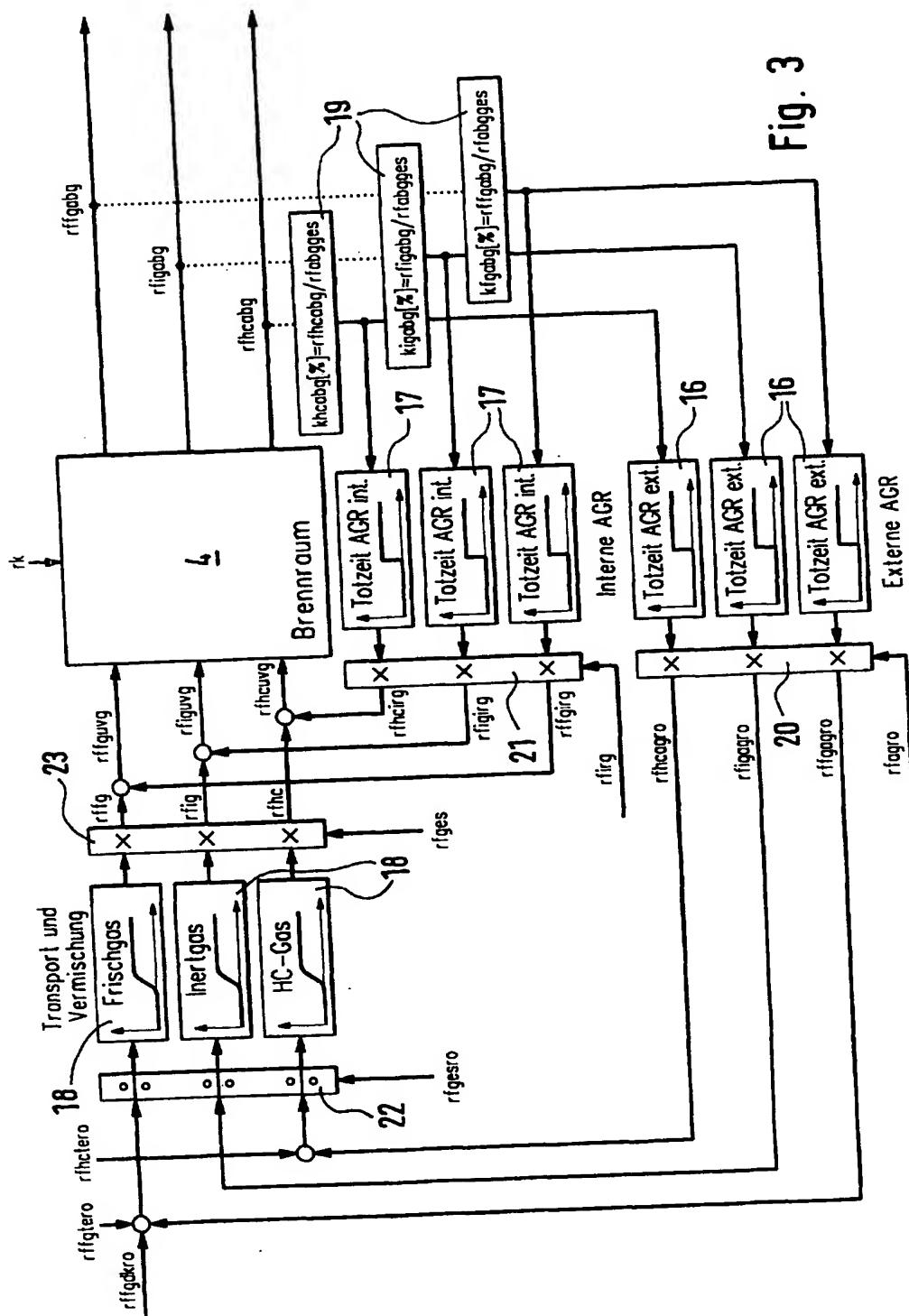


Fig. 3